

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-112108
(43)Date of publication of application : 12.04.2002

(51)Int.Cl. H04N 5/235
H04N 5/208

(21)Application number : 2000-304094 (71)Applicant : RICOH CO LTD
(22)Date of filing : 03.10.2000 (72)Inventor : SUZUKI AKIRA

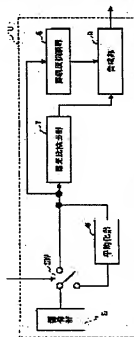
(54) IMAGE PROCESSING UNIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing unit, having a wide dynamic range that can obtain sharp images with less noise.

SOLUTION: The image processing unit 10, including an image pickup section 5 that picks up an image of an object for generating an imaged signal is provided with a sharpness emphasis section 8, that emphasis the sharpness of the image picked up signal, an exposure ratio detecting section 7 that detects the exposure ratio among picked-up images and a compositing section 9 that composites the image pickup signals, the sharpness of which is emphasized by the sharpness emphasis section 8, depending on the exposure ratio.

大規模の画像の形態11に係る画像処理装置の構成を示すブロック図



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体を撮像して撮像信号を生成する撮像手段を含む画像処理装置であって、前記撮像信号の鮮鋭度を強調する鮮鋭度強調手段と、前記撮像信号に基づいて、複数の前記撮像における露光比を検出する露光比検出手段と、

前記鮮鋭度強調手段により鮮鋭度が強調された複数の前記撮像信号を、前記露光比に応じて合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 前記鮮鋭度強調手段は、前記撮像信号の大きさに応じたノイズレベルに基づいて、前記撮像信号の鮮鋭度を強調する請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】 被写体を撮像して撮像信号を生成する撮像手段を含む画像処理装置であって、前記撮像信号に基づいて、複数の前記撮像における露光比を検出する露光比検出手段と、

複数の前記撮像信号を前記露光比に応じて合成して合成画像を生成する画像合成手段と、前記合成画像に基づいて前記複数の撮像信号間の混合比を検出し、検出された前記混合比に応じて前記合成画像の鮮鋭度を強調する鮮鋭度強調手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項4】 前記鮮鋭度強調手段は、前記合成画像及び前記露光比に応じたノイズレベルに基づいて前記合成画像の鮮鋭度を強調する請求項3に記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記撮像手段が前記被写体を所定の露光量下で複数回撮像することにより得られた複数の前記撮像信号を画素毎に平均して平均撮像信号を生成する平均化手段をさらに備え、

前記画像合成手段は、異なる前記露光量下で撮像された前記撮像信号に基づいて前記平均化手段により生成された複数の前記平均撮像信号を合成する請求項1または3に記載の画像処理装置。

【請求項6】 前記所定の露光量下において前記撮像手段が前記被写体を撮像する回数を、前記露光比に応じて決定する撮像回数決定手段をさらに備えた請求項5に記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CCD等の固体撮像素子を用いたビデオカメラやデジタルカメラ等を構成する画像処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、CCD等の固体撮像素子を用いた信頼性の高い画像撮像装置が広く普及し、近年においては銀塩写真を撮影する装置に代替するものとして注目されている。しかしながら、CCD等の固体撮像素子は銀塩フィルム等と比べると入射光に対するダイナミックレンジが狭いため、撮影画角内に明るい被写体と暗い被

2

写体が混在する場合には、明るい被写体が白とびたり、暗い被写体がつぶれたりしてしまふことがある。

【0003】このように、固体撮像素子を用いた装置においては、ダイナミックレンジの広さに関し、銀塩写真を撮影する装置には及ばない状況となっている。ここで、特開平1-93967号公報や特開平7-131799号公報には、シャッタや絞り等を用いて異なる露光量で被写体を複数回撮影し、該撮影により得られた複数の画像を用いて合成画像を生成することにより、ダイナミックレンジを拡大する方法が開示されている。

【0004】また、特開平5-64070号公報には、ビームスプリッタを用いて異なる露光量の画像を合成する方法も開示されている。そして、特開平11-155108号公報には、三板式カメラにおける応用例が開示されている。

【0005】これらは、複数の異なる露光量で撮像した画像を合成することにより広いダイナミックレンジの画像を作成する技術であり、具体的には、撮像手段を用いて標準となる露光量で撮像した標準撮像画像と、これに対し $1/K$ (K は任意の自然数)の露光量で撮像した非標準撮像画像とを得た後、該非標準撮像画像に露光量比 K をゲインとして乗じることによって、正規化された非標準撮像画像を作成するものである。

【0006】そして、該技術においては、標準撮像画像の中で撮像信号が飽和している部分を該正規化された非標準撮像画像の同一部分で置換することにより、広いダイナミックレンジ画像を作成する。これにより、標準となる露光量で撮像した標準撮像画像で飽和するような輝度部分でも、置換された正規化非標準撮像画像の情報により該画像を再現することができるので、単独の撮像に比してより広いダイナミックレンジを実現できる。

【0007】以上のような例は、原理的には複数の撮像画像を合成する方法であるが、実面的には種々の問題が生じる。すなわち、個々の画像を撮像する際における適切な露光量あるいは露光比を求めることが困難であるため、該複数の画像をきれいに合成することができない場合がある。また、得られた合成画像において、目立つたノイズを生じること等の問題がある。

【0008】このような問題に対し、特開平7-131708号公報には、非標準撮像画像を正規化するための露光量比 K を、標準撮像画像と非標準撮像画像から算出して非標準撮像画像に乗ずる技術が開示されている。なお、該技術においては、上記 K の値を正確に求めるため、低レベル(ノイズレベル)と高レベル(飽和レベル)の間の非飽和レベルを有する撮像信号を用いることとしている。

【0009】また、特開平11-191860号公報には、飽和している部分を正規化された非標準撮像画像で単に置換するのではなく、光量レベルに応じた重み付け関数を用いて標準撮像画像と正規化された非標準撮像画

50

像とを加重平均することで、標準撮像画像と正規化された非標準撮像画像の切り替わり部分を、見た目において滑らかにする方法が開示されている。

【0010】そして、この方法では撮像信号のレベルに応じて、標準撮像画像と正規化非標準撮像画像との混合比(合成比)を調整することにより、暗部では標準撮像画像を用い、中間部では内分する比で合成される画像を作成し、明部では正規化非標準撮像画像を用いる。

【0011】ところで一般に、複数の撮像画像から広ダイナミックレンジ画像を作成する目的は、広い撮像輝度レンジにおいてノイズが少ない画像を生成することにある。このとき、単に広い輝度レンジの被写体を飽和させずに撮像するのであれば、低い露光量で撮像すればよいとも考えられるが、低い露光量では信号レベルも小さくなるため、暗部では S/N 比が低下するという問題がある。

【0012】一方、特開平11-155098号公報には、標準撮像画像と非標準撮像画像の混合比に基づいて合成画像におけるアバーチャゲインとコリングレベルを調整する方法が開示されている。すなわち、この方法では、少ない露光量で撮影された非標準撮像画像は標準撮像画像に比べてノイズが多く含まれると仮定して、非標準撮像画像と標準撮像画像におけるコリングレベルを設定し、非標準撮像画像と標準撮像画像の混合比に基づいて該コリングレベルを変更することによって、ノイズレベルを強調することなく鮮鋭度を強調する。

【0013】また一般的には、露光量が高い程信号レベルは大きくなるが、ノイズの絶対レベルも露光量が多いほど大きくなるため、該信号とノイズの比である S/N 比は露光量が大きくなっても改善されない。

【0014】ここで、撮像素子に生じるノイズはランダムノイズと固定パターンノイズに分けられ、ランダムノイズは暗時ノイズと光ショットノイズとに分類される。そして、上記暗時ノイズは露光量に依らないが、光ショットノイズは露光量の平方根に比例して大きくなる。

【0015】また、固定パターンノイズは暗電流むらと感度むらに分けられ、暗電流むらは露光量によらないが、感度むらは露光量に比例して大きくなる。また、撮像素子から得られた撮像信号を増幅するアンプなどに生じるアンプ雑音の絶対値は、一般的に撮像信号が大きい程大きなものとなるが、撮像信号を量子化する際における量子化ノイズは撮像信号の大きさによらない。

【0016】つまり、一般的に、撮像素子に含まれる各画素における撮像情報のノイズの絶対量は、撮像信号のレベルが大きいほど大きくなるが、一方において撮像信号のレベルによらないノイズも存在するので、 S/N 比は撮像信号のレベルが大きい程大きくなる。

【0017】また、複数枚の画像を構成する撮像信号に基づいて広ダイナミックレンジ画像を作成する場合、標準の露光量により撮像した画像とそれより少ない露光量

で撮像された画像とでは、標準露光量により撮像された画像の方がノイズの絶対量は大きくなるが、ノイズの増加量よりも撮像信号の増加量の方が大きくなるため、 S/N 比は標準露光量により得られた画像の方が大きくなる。

【0018】なお一般に、画像のノイズにより人の目に感じられる劣化は、ノイズの絶対量よりむしろ S/N 比で決まり、 S/N 比が大きい程ノイズは目立たない。そして、撮像光学系に起因する画像のボケや、撮像素子の受光面積に起因するコントラストの劣化を補正するため、一般的に撮像装置においてはアバーチャ補正という画像の鮮鋭度を強調する画像処理が行われている。ところが、該鮮鋭度を強調するときは、同時にノイズも強調してしまうという問題がある。

【0019】このため、撮像情報の変化がノイズレベルに近い場合は鮮鋭度を強調せず、画像の中で撮像情報の変化がない平坦な部分のノイズを目立たせないようコリング処理と呼ばれる処理が同時に行われる。

【0020】そして、広ダイナミックレンジ画像を作成する撮像装置において該コリング処理を実行する場合には、適切にノイズレベルを把握してコリングレベルを決定する必要があるが、上記特開平11-155098号公報には、コリングレベルを変更する構成は開示されているものの、適切に設定する方法については言及されていない。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、ダイナミックレンジが広いと共にノイズが少なく鮮明な画像を得ることのできる画像処理装置を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、被写体を撮像して撮像信号を生成する撮像手段を含む画像処理装置であって、撮像信号の鮮鋭度を強調する鮮鋭度強調手段と、撮像信号に基づいて、複数の撮像における露光比を検出する露光比検出手段と、鮮鋭度強調手段により鮮鋭度が強調された複数の撮像信号を、露光比に応じて合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置を提供することにより達成される。

【0023】このような手段によれば、複数の撮像信号における露光比によらず、適切な合成画像を得ることができる。

【0024】また、鮮鋭度強調手段は、撮像信号の大きさに応じたノイズレベルに基づいて、撮像信号の鮮鋭度を強調するものとするれば、不必要なノイズの増幅を回避することができる。

【0025】また、本発明の目的は、被写体を撮像して撮像信号を生成する撮像手段を含む画像処理装置であって、撮像信号に基づいて、複数の撮像における露光比を検出する露光比検出手段と、複数の撮像信号を露光比に

応じて合成して合成画像を生成する画像合成手段と、合成画像に基づいて複数の撮像信号間の混合比を算出し、検出された混合比に応じて合成画像の鮮鋭度を強調する鮮鋭度強調手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置を提供することにより達成される。

【0026】このような手段によれば、合成画像における混合比により鮮鋭度を強調するため、容易かつ適切に合成画像の鮮鋭度を強調することができる。

【0027】また、鮮鋭度強調手段は、合成画像及び露光比に応じたノイズレベルに基づいて合成画像の鮮鋭度を強調するものとすれば、ノイズを増幅させることなく合成画像の鮮鋭度を強調することができる。

【0028】また、撮像手段が被写体を所定の露光量下で複数回撮像することにより得られた複数の撮像信号を画素毎に平均して平均撮像信号を生成する平均化手段をさらに備え、画像合成手段は、異なる露光量下で撮像された撮像信号に基づいて平均化手段により生成された複数の平均撮像信号を合成することとすれば、ランダムに発生するノイズを抑制することができる。

【0029】また、所定の露光量下において撮像手段が被写体を撮像する回数を、露光比に応じて決定する撮像回数決定手段をさらに備えることとすれば、ランダムに発生するノイズの影響を抑制した画像を効率的に得ることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下において、本発明の実施の形態を図面を参照して詳しく説明する。なお、図中同一符号は同一又は相当部分を示す。

【0031】異なる露光量で複数回撮像したり複数の撮像素子を用いることにより得られた撮像信号に基づいて、広ダイナミックレンジ画像を作成する方法はこれまでいろいろと提案されてきているが、いずれの方法も合成画像に含まれるノイズ成分の変化に言及していない。

【0032】そこで、露光量に対するノイズ成分の変化に注目し、該ノイズ成分に応じて鮮鋭度を強調する方法を採用することで、該ノイズの目立たない広ダイナミックレンジ画像を作成することができる。

【0033】以下においては、基本的に異なる露光量で撮像することにより得られた複数の撮像信号に基づいて、広ダイナミックレンジ画像を作成する場合について述べる。まず、ある露光量で撮像した第一の撮像信号と、第一の撮像信号の撮像時に対し $1/K$ (K は自然数) の露光量で撮像した第二の撮像信号を得る。

【0034】次に、上記第二の撮像信号を K 倍し正規化する。これにより、図 11 に示されるように、第一の撮像信号を示すグラフ G1 の非飽和部分と、正規化した第二の撮像信号を示すグラフ G2 の非飽和部分は、図上において直線的に重なる。ここで、該二つの撮像信号から広ダイナミックレンジ画像を作成する場合について考

える。
【0035】第一の撮像信号と第二の撮像信号が重なっている図 11 の点 Pa においては、第一の撮像信号におけるノイズ成分の無い純粋な信号レベルを S とすると、第二の撮像信号のレベルは Sa/K となる。しかしながら、実際はノイズ成分が存在するので第一の撮像信号 Va 1 の大きさは該ノイズ成分を $N1$ とすると ($S + N1$) となり、第二の撮像信号 Va 2 の大きさは該ノイズ成分を $N2$ とすると ($Sa/K + N2$) となる。

【0036】次に、第二の撮像信号を K 倍して正規化することにより、点 Pa において正規化された第二の撮像信号 Van 2 の大きさは ($S + K \times N2$) となる。つまり、第一の撮像信号におけるノイズの大きさは $N1$ となるのに対し、正規化された第二の撮像信号におけるノイズの大きさは ($K \times N2$) となる。

【0037】従って、撮像に伴うノイズの量が撮像素子への入射光量に対し変動しないとするとき、第二の撮像信号におけるノイズの量は第一の撮像信号に比して K 倍になる。

【0038】しかしながら、一般的にノイズの絶対量は入射光量に対して増加する傾向がある。そして、入射光量 I に対するノイズの関数を $N(I)$ とすると、図 11 に示された点 Pa における第一の撮像信号のノイズ量は $N(Ia)$ 、正規化された第二の撮像信号のノイズ量は $K \times N(Ia/K)$ となる。

【0039】一方、入射光量に対しノイズ量が小さいときは、入射光量と生成される撮像信号 (出力信号 V) とは比例する。

【0040】以上より、出力信号 V に対するノイズ量の関数を $N(V)$ とすると、図 11 に示された点 Pa における第一の撮像信号のノイズ量は $N(Va)$ 、正規化された第二の撮像信号のノイズ量は $K \times N(Va/K)$ となる。

【0041】つまり、出力信号 V に対するノイズ量の関数 $N(V)$ が得られると、出力信号 V の大きさに応じてノイズ量を推定できる。ここで、上記のようにノイズは時間的に変化しない固定パターンノイズとランダムノイズに分けられるが、ランダムノイズは一義的には決まらないので、ノイズ量を表す関数として統計的な分布を用いるか、変動範囲を決定する。以上より、出力信号に応じたノイズ量の特性を測定することによって、出力信号に依る最大ノイズ量を推定することができる。

【0042】つまり、第一の撮像信号におけるノイズ量に対しては関数 $N(V)$ からコアリングレベルを決定し、正規化された第二の撮像信号におけるノイズ量に対しては $K \times N(V/K)$ よりコアリングレベルを決定することができる。そして、推定される最大ノイズ量を基に鮮鋭度強調時のコアリングレベルを決定することにより、撮像信号の変化が小さい平坦部分のノイズを強調することなく鮮鋭度を強調できる。

【0043】よって、本発明はノイズレベルを予測して最適なコアリングレベルを設定することにより、適切に鮮鋭度を強調して良好な広ダイナミックレンジ画像を得るものである。以下において、本発明の実施の形態に係る画像処理装置をより具体的に説明する。

【実施の形態1】図1は、本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の構成を示すブロック図である。図1に示されるように、本実施の形態1に係る画像処理装置10は、撮像部5と平均化部6、露光比検出部7、鮮鋭度強調部8、合成部9、及びスイッチング部SWとを備える。

【0044】ここで、スイッチング部SWは撮像部5に接続され、平均化部6と露光比検出部7及び鮮鋭度強調部8は、スイッチング部SWに接続される。また、合成部9は露光比検出部7及び鮮鋭度強調部8に接続される。

【0045】そして、上記のような構成を有する画像処理装置10は、例えば図2に示される回路構成により実現することができる。すなわち、画像処理装置10は撮像部5を構成するレンズ11及び撮像素子3と、順に直列接続される増幅器（AGC）12、サンプルホールド回路（CDS）13、A/D変換器14及び画像処理CPU15と、画像処理CPU15に接続されたランダムアクセスメモリ（RAM）16及びカードRAM17により構成することができる。

【0046】図3は、図1に示された撮像部5の構成を示す図である。図3に示されるように、撮像部5はレンズ1とデバイダ（被写体像分割器）2、及び二つの撮像素子3、4を含む。

【0047】このような構成を有する撮像部5においては、撮影光学系をなすレンズ11を介して入射された光がデバイダ2により二つの経路に分割され、二つの撮像素子3、4にそれぞれ被写体像が形成される。

【0048】一方、図1に示された撮像部5は、図4に示されるようにレンズ1と撮像素子3から構成することもできる。そしてこの場合には、撮像素子3は、図5（a）に示された露光タイミング信号におけるパルスS1、S2のエッジ（時刻T1、T2）に応じて複数回露光動作を行い、図5（b）に示されるように、時刻T1及び時刻T2においてそれぞれ撮像信号VS1、VS2を生成する。

【0049】次に、上記撮像部5による撮像方法について述べる。図6に示されるように、一般的なCCDなどの固体撮像素子を用いた場合には、撮像信号の出力レベルはある範囲内では入射光量に応じたものとされるが、入射光量がある値を超えると出力レベルが飽和して非直線的な特性を示す。そして、このような非直線的な特性を示す信号レベルを飽和レベル、それ以外の直線的な特性を示すレベルを非飽和レベルと呼ぶ。

【0050】ここで、一般的な撮像装置においては、該

出力レベルが非飽和レベルの範囲内となるように、絞りやシャッタ等を用いて入射光量を制限する必要がある。すなわち例えば、図7（a）に示されるように、撮像対象とされる被写体からの入射光量が該被写体像の一部で非飽和レベルを超えて臨界入射光量1Pc以上となる場合には、図7（b）に示されるように、該臨界入射光量1Pcに対応する臨界出力信号Scを超える部分21が、飽和のため歪んでしまう。

【0051】次に、撮像信号に含まれるノイズについて考えると、撮像部5として固体撮像素子等を使用した場合には、該撮像素子上に結像した被写体像を光電変換する過程で種々のノイズが含まれる。ここで、これらのノイズは図8に示されるように大別される。ここで、固定パターンノイズは、絶えず一定の誤差を起こすノイズであり、通常の画像処理においてこれらの誤差分を出力信号から差し引くことにより低減することができる。

【0052】また、量子化ノイズは、得られたアナログの撮像信号をデジタル信号に変換するとき生じる量子化誤差であり、量子化精度をあげることで低減することができる。

【0053】また、ランダムノイズは、被写体照度依存する光ショットノイズと被写体照度依存しない暗時ノイズに分けられる。ここで、被写体照度依存する光ショットノイズNsは、撮像素子3に生じる電荷量（信号の大きさ）Sの平方根に比例し、被写体照度依存しない定数をNs0とすると、以下の式（1）により示される。

$$N_s = N_{s0} \times S^{1/2} \quad (1)$$

これより、以下の式（2）が得られる。

$$S/N_s = S^{1/2} / N_{s0} \quad (2)$$

以上より、信号が大きいくほど光ショットノイズNsは大きくなるが、S/N比は信号の平方根に比例して大きくなる。なお、被写体照度依存しない暗時ノイズN0は信号の大きさによらず一定となるため、S/N比は信号に比例して大きくなる。

【0054】図9は、信号の大きさSと、暗時ノイズ及び光ショットノイズに関するS/N比との関係を表すグラフである。ここで、暗時ノイズに関するS/N比S/N0はグラフ22により示され、光ショットノイズに関するS/N比S/Nsはグラフ23により示される。なお、該ノイズはS/N比が大きいくほど目立たず、S/N比が小さいほど目立ち、基本的には信号量が大きいほどノイズが目立たなくなる。

【0055】ここで、図9に示されるように、信号が(N0/Ns0)²より小さいときは暗時ノイズN0が支配的で、大きいときは光ショットノイズNsが支配的となる。

【0056】以上より、画像におけるノイズに関しては、撮像素子に出来るだけ電荷を蓄積させることにより信号の大きさを増大させた方が好ましいが、上記のよう

な飽和性を考慮すると出力信号を飽和させることなく露光させる必要が生じるため、撮像素子における最適な入射光量の範囲が決定される。

【0057】次に、異なる露光量で撮像することにより得られた複数の撮像信号に基づいて新たな画像を作成する方法について説明する。撮像部5は、被写体からの光をシャッタや絞りをを用いて制限した光を撮像素子に導き、該撮像素子に被写体像を結像させる。

【0058】このとき一般に、輝度 I の被写体を撮像する際に撮像素子に蓄積される電荷は、非飽和領域では該被写体像における照度 L と露光時間 T を乗じた露光量 E に比例し、出力信号 V は露光量 E に比例するため、以下の関係式(3)が成立する。

$$V \propto L \cdot T \quad (=E) \quad (3)$$

なお、輝度 I の被写体からの光は、絞りにより被写体像の照度 L が制御され、シャッタにより露光量 T が制御される。

【0059】ここで、図10(a)は、シャッタや絞りをを用いることにより露光量が $E1$ となるよう被写体から撮像素子へ入射される光を制御するときにおける、撮像部5からの出力信号の被写体輝度依存性を示す。次に、図10(b)は $E1/K$ の露光量 $E2$ で露光したときにおける、該出力信号の被写体輝度依存性を示す。

【0060】図10(a)に示されるように、露光量 $E1$ のときにおいては撮像信号出力が $V1$ 以上で飽和し、被写体の輝度が $I1$ であるときに撮像出力信号は $V1$ となる。また同様に、露光量 $E2$ のときにおいては撮像信号出力が $V2$ 以上で飽和し、被写体の輝度が $I2$ であるときに撮像信号出力は $V2$ となる。そしてこのとき、被*

$$N2 = K \cdot (N0^2 + Nsc^2 \cdot (Sa/K))^{1/2} \\ = (K^2 \cdot N0^2 + K \cdot Nsc^2 \cdot Sa)^{1/2} \quad (7)$$

上式(7)より、 $K>1$ のときはノイズ $N1$ よりノイズ $N2$ の方が大きくなることが分かる。つまり、被写体輝度が $I1$ 以下である場合においては、露光量 $E2$ で撮像することにより得られた信号を K 倍した信号よりも露光量 $E1$ で撮像することにより得られた信号の方がノイズが小さいことになる。

【0064】従って、露光量 $E1$ 及び露光量 $E2$ で撮像することにより得られた撮像信号においては、被写体輝度が $I1$ 以下の場合には露光量 $E1$ の下で得られた撮像信号を使い、被写体輝度が $I1$ 以上の場合には露光量 $E2$ の下で得られた撮像信号を使うことにより、広いダイナミックレンジの被写体輝度情報が取得でき、かつ暗部でのノイズの少ない良好な画像を得ることができる。

【0065】ここで、露光量 $E1$ 及び露光量 $E2$ の下で得られた二つの撮像信号においては、そのノイズの大き*

$$Van2 = Sa + K \cdot n0 + K \cdot n \cdot (Sa/K) \quad (12)$$

つまり、図12に示されるように、露光量 $E1$ により撮像された画像(暗部)と露光量 $E2$ により撮像された画像との間では、臨界輝度 Ic において、生じ得るノイズ

* 写体輝度 $I2$ は被写体輝度 $I1$ の K 倍となる。すなわち、当然のことながら、露光量を $1/K$ にした場合は被写体輝度が K 倍となる範囲まで飽和しない。

【0061】次に、図11には、図10(a)に示されたグラフ $G1$ と、図10(b)に示されたグラフ $G2$ において撮像信号出力を K 倍に増幅したグラフ $G3$ とが併記される。そして、図11に示されるように、被写体輝度 $I1$ までにおいては両グラフ $G1$ 、 $G3$ は重なり、被写体輝度 $I1$ 以上では露光量 $E1$ での出力信号は飽和し、露光量 $E2$ での出力信号は被写体輝度 $I2$ まで飽和しない。

【0062】なお、ここまでの説明においては、被写体からの光が光電変換される過程におけるノイズの発生については記していないが、上記のように光電変換に伴いノイズが発生する。

【0063】ここで、固定パターンノイズと量子化ノイズを除くランダムノイズ N について考えると、該ノイズの大きさは次式(4)で示される。

$$N = (N0^2 + Nsc^2)^{1/2} \quad (4)$$

そして、上記式(1)により次式(5)を得ることができ。

$$N = (N0^2 + Nsc^2 \cdot S)^{1/2} \quad (5)$$

また、被写体輝度が Ia のときに撮像部5から出力される信号(ノイズを含まない)を Sa とするとき、露光量 $E1$ のときにおけるランダムノイズ $N1$ は次式(6)のように示される。

$$N1 = (N0^2 + Nsc^2 \cdot Sa)^{1/2} \quad (6)$$

また、同様に露光量 $E2$ のときにおけるランダムノイズ $N2$ は次式(7)のように示される。

$$N2 = K \cdot (N0^2 + Nsc^2 \cdot (Sa/K))^{1/2} \\ = (K^2 \cdot N0^2 + K \cdot Nsc^2 \cdot Sa)^{1/2} \quad (7)$$

※が異なる。そして、該ノイズ N は撮像信号の大きさに依存する関数 $n(S)$ と依存しない定数 $n0$ とにより、次式(8)で表すことができる。

$$n = n0 + n(S) \quad (8)$$

また、出力信号 V は次式(9)により表される。

$$V = S + n0 + n(S) \quad (9)$$

そして、図11に示された点 Pa において露光量 $E1$ の下で撮像された信号 $Va1$ は、次式(10)により示される。

$$Va1 = Sa + n0 + n(Sa) \quad (10)$$

一方、点 Pb において露光量 $E2$ の下で撮像された信号 $Va2$ は、

$$Va2 = Sa/K + n0 + n(Sa/K) \quad (11)$$

となり、正規化された信号 $Van2$ は次式(12)により示される。

の幅24に非連続性を生じる。すなわち、従来のように単純に露光量 $E1$ により撮像された画像と正規化された露光量 $E2$ により撮像された画像とを合成すると、合成

11

の切り替わりポイント(臨界輝度Ic)でノイズの大きさが大きく変化してしまう。

【0066】そこで、本発明に係る画像処理装置においては、このような問題を解決するため、基本的に2つのアプローチを行うことにより、良好な広ダイナミックレンジ画像を作成する。まず第一のアプローチとしてノイズの変化に合わせて鮮鋭度を強調する方法があり、第二のアプローチとして合成される撮像信号のノイズの大きさを減らす方法がある。

【0067】ここで、まず上記第一のアプローチについて説明する。上記のように、一般的にデジタル画像を作成する場合には、撮像画像についてアバーチャ補正と呼ばれる鮮鋭度の強調処理を行う。

【0068】例えば、注目画素の撮像信号を3倍した信号に、該注目画素の隣隣の画素における撮像信号をそれぞれ(-1)倍してさらに加えた信号を上記注目画素の撮像信号とする。いわゆる(-1, 3, -1)フィルタを用いることによって鮮鋭度を強調する場合には、例えば図13(a)に示される画像(撮像信号)は、画像のエッジ部分の鮮鋭度が強調され、図13(b)に示される画像(撮像信号)を得ることができる。

【0069】ところが、図14(a)に示されるような撮像信号の大きさにおける変化が少い平坦な画像の場合には、図14(b)に示されるように、鮮鋭度を強調しても平坦な画像となるが、図15(a)に示されるように上記のような平坦な画像にノイズが含まれる場合には、図15(b)に示されるように、該ノイズが強調されてしまう。そこで、コアリングと呼ばれる処理が実行される。

【0070】この処理は、まずアバーチャレベルAPを注目画素の撮像信号レベルD₁、D₂とにより次式(13)により求める。

$$AP = -D_1 + 2D_2 - D_3 \quad (13)$$

そして、式(13)により求められたアバーチャレベルAPの絶対値が設定されたコアリングレベルCより小さい場合には、該注目画素にアバーチャレベルAPを加算せず、アバーチャレベルAPの絶対値が設定されたコアリングレベルC以上である場合には、該注目画素にアバーチャレベルAPを加算するという処理を実行する。

【0071】これより、図16に示されるように、アバーチャレベルAPがコアリングレベルCより小さい平坦部などでは撮像信号レベルの増加分Daは0とされてノイズの強調が回避されると共に、アバーチャレベルAPがコアリングレベルCより大きくするエッジ部では該増加分DaがアバーチャレベルAPに比例するものとされるため、いわゆる画像のエッジ強調が実現できる。なお、エッジ部にノイズ成分が含まれていても信号変化が大いため、該ノイズが目立つことはない。

【0072】つまり、上記のような処理では、アバーチャ

12

ャレベルAPを求めることによりノイズレベルを把握して、撮像信号が設定されたコアリングレベル以下において変化する場合は鮮鋭度を強調せず、コアリングレベル以上変化する場合に鮮鋭度を強調する。

【0073】しかしながら、一般的に該ノイズはランダムノイズと非ランダムノイズに分けられると共に、該ノイズは一定でなく、ノイズの大きさも撮像信号の大きさに依存するものと依存しないものがある。

【0074】そして、広ダイナミックレンジの画像を作成する場合には、異なる露光量の下で撮像することにより得られた信号を合成する必要がある。つまり、異なる露光量の信号を合成した合成画像に対し、単に従来の方法によるアバーチャ処理を行った場合には適正なコアリング処理を実行することができない。

【0075】換言すれば、第一の露光量で撮像された標準画像情報と、第一の露光量に対して1/Kの露光量で撮像された非標準画像情報とを合成する場合には、上記のように非標準画像情報をK倍して正規化した後に合成する。そして、この後に従来のアバーチャ処理を行った場合には、 $n0+n(Sa)$ により求められる標準画像情報のノイズレベルと、 $K \times n0 + K \times n(Sa/K)$ により求められる正規化された非標準画像情報のノイズレベルとが同じコアリングレベルの下で鮮鋭度が強調される。

【0076】そして、 $K > 1$ とした場合には $n0+n(Sa) < K \times n0 + K \times n(Sa/K)$ となるため、標準画像情報のノイズレベルに応じてコアリングレベルを設定すると、正規化された非標準画像情報のノイズレベルが該コアリングレベルより大きくなる場合には、非標準画像情報におけるノイズが強調されてしまう。

【0077】そこで、本発明の実施形態1に係る画像処理装置においては、該合成に先立って鮮鋭度強調部8により鮮鋭度を強調する方法が採用される。

【0078】図16は、本実施形態1に係る鮮鋭度強調部8の構成を示すブロック図である。図16に示されるように、鮮鋭度強調部8は色処理部81とアバーチャ処理部82を含む。ここで、色処理部81には撮像部5から撮像信号(撮像情報)が供給され、アバーチャ処理部82には色処理部81からRGB情報が供給される。そして、アバーチャ処理部82で処理された信号は合成部9に供給される。

【0079】ところで一般的に、撮像部5でカラー情報を得る場合には、図21に示されるようにRGB成分毎に異なる分光感度による光電変換を行うため、図20に示されるようなCCD等の上にRGB成分を選択的に透過するカラーフィルタを備えた固体撮像素子が使用される。

【0080】そして、このような撮像素子を用いることにより得られた信号は、図18に示されるような画素毎

50

13

に対応したデジタル情報とされる。そして、図17に示された色処理部81は、該デジタル情報に対して色処理と呼ばれる補間処理を施し、図19に示されるようなRGB成分毎の3プレーンの情報を作成する。ここで、図19(a)は画素毎のR成分のみを示す情報(Rプレーン)を表し、図19(b)は画素毎のG成分のみを示す情報(Gプレーン)を表し、図19(c)は画素毎のB成分のみを示す情報(Bプレーン)を表す。

【0081】そして次に、図17に示されたアパーチャ処理部82は、作成されたRGB情報に対して上記のようなアパーチャ補正を施す。ここで、複数の異なる露光量の下で撮像された複数の撮像情報をそれぞれ色処理し、得られた複数のRGB情報のそれぞれにアパーチャ処理を施す。なお、該色処理は従来する方法を採用しても良く、例えば注目画素の撮像情報がR成分のみである時は、G成分及びB成分については、周囲の画素におけるG成分及びB成分から補間的に求めることができる。また、作成された複数のRGB情報の各プレーンに対して、上記アパーチャ補正が施される。

【0082】そして、合成部9は、例えば異なる露光量の下で2回撮像することにより得られた撮像信号に基づいて広ダイナミックレンジ画像を作成する場合、第一の露光量で撮像され鮮鋭度の強調された標準画像情報と、第一の露光量に対して1/Kの露光量で撮像され鮮鋭度の強調された非標準画像情報とを合成する場合、上記のように非標準画像情報を正規化するためにK倍して合成する。

【0083】従来のように、ただ単に複数の画像情報を合成した後に鮮鋭度を強調する場合は、一定のコアリングレベルを設定した後に鮮鋭度を強調するので、上記のように適切に鮮鋭度を強調することができないが、このように鮮鋭度の強調を画像合成に先立って行えば、 $n0 + n(Sa)$ により求められる標準画像情報のノイズレベルと $n0 + n(Sa/K)$ により求められる正規化される前の非標準画像情報のノイズレベルとは同じコアリングレベルで鮮鋭度が強調され、一般に $n0 + n(Sa) > n0 + n(Sa/K)$ という関係が成立するので、非標準画像情報のノイズが強調されることがない。

【0084】また、より厳密には信号レベルに合わせてコアリングレベルを設定する事でより適切に鮮鋭度を強

$$(n0 + n(Sa)) / m^{1/2} = (K \times n0 + K \times n(Sa/K)) / n^{1/2}$$

… (15)

そして、式(15)より次の式(16)の関係が成立する。

$$m/n = (K \times n0 + K \times n(Sa/K)) / (n0 + n(Sa))^2$$

… (16)

ここで、上記のように撮像信号の大きさに依存するノイズは光ショットノイズで、その大きさは光量の平方根に

$$m/n = (K \times n0 + K^{1/2} \times n(Sa)) / (n0 + n(Sa))^2$$

… (17)

14

*調できる。つまり、図22に示されるように、実際に撮像部5から出力される信号のレベルLに応じてコアリングレベルCを変化させることにより、適切に鮮鋭度を強調することができる。ここで、該出力信号の大きさに依存しないノイズレベル $n0$ により決定されるコアリングレベルをC0とし、該出力信号の大きさに依存するノイズレベル $n(S)$ により経験的に設定される関数を $f_c(L)$ とすれば、コアリングレベルCは次式(14)により示される。

$$C = C0 + f_c(L) \quad (14)$$

また、アパーチャレベル μ は注目画素の撮像信号 D 、とその前後の画素の撮像信号 D_{-1} 、 D_1 より決定されるので、各画素に対応する出力信号のレベル L を $(2 \times D_{-1} + D + D_1) / 4$ により算出された値としても良いし、代表値として撮像信号 D を利用することもできる。

【0085】次に、合成される撮像信号のノイズの大きさを減らす上記第二のアプローチについて説明する。異なる露光量の下で撮像することにより得られた情報を合成する場合には、標準画像に対し非標準画像が $1/K$ の露光量の下で撮像された場合、 $K > 1$ のときには上記のように $n0 + n(Sa) < K \times n0 + K \times n(Sa/K)$ となってしまう。

【0086】そこで、固定パターンノイズなどの非ランダムノイズについては、該ノイズ成分をCCDの画素毎に記録し、記録された該ノイズ成分の値に応じて補正することができるが、ランダムノイズに対しては除去することができない。

【0087】ここで、標準画像のランダムノイズを $n0 + n(Sa)$ 、正規化されたランダムノイズを $K \times n0 + K \times n(Sa/K)$ とした場合、一定の露光量で m 回撮像することにより得られた撮像信号を画素毎に平均した値は $Sa + (n0 + n(Sa)) / m^{1/2}$ となり、ノイズ成分は $1 / m^{1/2}$ となる。同様に、 $1/K$ の露光量で m 回撮像することにより得られた撮像信号を画素ごとに平均した値は $Sa + (K \times n0 + K \times n(Sa/K)) / n^{1/2}$ となりノイズ成分は $1 / n^{1/2}$ になる。

【0088】そこで、双方のノイズが同じになる条件は、次式(15)により示される。

$$(n0 + n(Sa)) / m^{1/2} = (K \times n0 + K \times n(Sa/K)) / n^{1/2}$$

… (15)

そして、式(15)より次の式(16)の関係が成立する。

$$m/n = (K \times n0 + K \times n(Sa/K)) / (n0 + n(Sa))^2$$

… (16)

ここで、上記のように撮像信号の大きさに依存するノイズは光ショットノイズで、その大きさは光量の平方根に

$$m/n = (K \times n0 + K^{1/2} \times n(Sa)) / (n0 + n(Sa))^2$$

… (17)

※比列するので次の式(17)の関係が成立する。

従って、露光比Kが決まること、式(17)によりmとnの比が決まる。つまり、露光比Kに応じてmとnの比を決定することにより、標準画像と非標準画像のランダムノイズレベルを同じにすることができる。なお、以上のような撮像回数m及びnは、図2に示される画像処理CPU15に含まれた合成部9により算出される。

【0089】以上が上記二つのアプローチの原理であるが、以下においては図1に示された本実施の形態1に係る画像処理装置の構成及び動作について説明する。

【0090】図1に示されるように、撮像部5で生成された複数の撮像信号(撮像情報)が露光比検出部7と鮮鋭度強調部8に入力される。そして、露光比検出部7は上記露光比Kを検出し、鮮鋭度強調部8は上記のような方法により鮮鋭度を強調する。

【0091】ここで、露光比検出部7による露光比検出動作について説明する。露光比検出部7は、標準画像における非飽和部分的撮像信号の平均値と、非標準画像の対応部分における撮像信号の平均値を求め、これらの平均値の比を求めることで露光比Kを検出することができる。

【0092】次に、合成部9は標準画像の中で飽和していない部分は標準画像を選択し、飽和している部分は露光比検出部7により算出された露光比Kを非標準画像に乗じた上でこれを選択する。そして、このような処理を画素ごとに行うことにより広ダイナミックレンジ画像を作成することができる。

【0093】また、一定の露光量でm回撮像することにより得られた画像と、異なる露光量の下でn回撮像した画像とにより広ダイナミックレンジ画像を作成する場合には、図1に示されるスイッチング部SWを制御信号により切り換えることにより、撮像部5で生成された撮像信号を平均化部6へ供給する。そして、平均化部6は、複数の撮像情報において画素ごとに平均を求め、平均画像を作成する。

【0094】そして、上記のような一連の画像処理は、図2に示された画像処理CPU15などを用いて実行される。すなわち、図2に示された画像処理装置は、被写体像を形成するためのレンズ11と、被写体像を光電変換する撮像素子3と、撮像素子3により得られた撮像信号を増幅する増幅器(AGC)12とサンプルホールド回路(CDS)13及びA/D変換器14からなるアナログ回路と、量子化された情報をデジタル処理する画像処理CPU15と、画像を一時的に保存する画像処理用のRAM16と、作成された画像を記録しておくためのカードFRAM17を含む。

【0095】以下において、本実施の形態1に係る画像処理装置の動作を、図23のフローチャートを参照しつつ説明する。まずステップS1では、撮像部5に含まれた撮像素子3が、異なる露光量下の撮像により複数の撮像信号(撮像情報)を生成し、RAM16は該撮像信号

を保存する。

【0096】次に、ステップS2では、画像処理CPU15に含まれた露光比検出部7が、非飽和部分の平均値の比に応じて、RAM16に保存された複数の画像間における露光比を算出する。そして、ステップS3では、画像処理CPU15が、画像の鮮鋭度を強調するための色補間処理を実行する。そして、この色補間処理においては、図18に示されるような画素毎に対応したデジタル情報に基づいて、RGB成分毎に図19に示されたRGB画像を作成する。

【0097】次に、ステップS4において、画像処理CPU15に含まれた鮮鋭度強調部8は、上記のようにコプリングレベルを撮像信号(撮像情報)に基づいて決定し、鮮鋭度を強調する。そして、ステップS5では、画像処理CPU15に含まれた合成部9が、標準画像の非飽和部分については一面素単位で該標準画像を選択し、該標準画像の飽和部分では露光比検出部7で検出された露光比を非標準画像に乗じることによって正規化された非標準画像を一面素単位で選択することにより合成画像を作成する。

【0098】以上のような動作により、本実施の形態1に係る画像処理装置によれば、撮像された複数の画像における露光比に応じて適切なコプリングレベルを設定して鮮鋭度を強調した後、鮮鋭度が強調された該複数の撮像画像を合成することにより、良好な広ダイナミックレンジ画像を生成することができる。

【0099】【実施の形態2】上記実施の形態1に係る画像処理装置10は、画像の合成に先立って合成対象とする各画像の鮮鋭度を強調するものであったが、合成後に鮮鋭度を強調することも考えられる。以下においては、該画像の合成後に鮮鋭度を強調する実施の形態2に係る画像処理装置を説明する。

【0100】図24に示されるように、実施の形態2に係る画像処理装置20は、図1に示された実施の形態1に係る画像処理装置10と同様な構成を有するが、合成部9がスイッチング部SW及び露光比検出部7に接続され、鮮鋭度強調部8が合成部9に接続される点で相違するものである。

【0101】図24に示された画像処理装置20においては、まず撮像部5により生成された複数の撮像情報は合成部9に供給され合成される。ここで、合成部9は標準画像の中で撮像信号が飽和していない場合(しきい値より小さい場合)は標準画像を選択し、飽和している場合(しきい値より大きい場合)は露光比検出部7により検出された露光比Kを非標準画像に乗じてこれを選択する。そして、このような処理を画素ごとに行うことにより広ダイナミックレンジ画像を作成する。

【0102】そして、鮮鋭度強調部8は、図25に示されるように、合成処理部9に接続された色処理部81と、色処理部81に接続されたアパーチャ処理部82と

17

を含み、合成された情報に対し色処理部 81 において上記実施の形態 1 と同様な色処理を行う。

【0103】さらに、図 26 (a) 及び図 26 (b) に示された第一及び第二の撮像信号を合成することによって得られた図 26 (c) に示される信号から、図 26 (d) 乃至図 26 (f) に示されるように、RGB 成分毎に計 3 ブレーンの RGB 情報を作成し、作成された該 RGB 情報に対してアバーチャ処理を行う。

【0104】ここで、上記のように、単に画像を合成した後に鮮鋭度を強調するアバーチャ補正を行うと、K 倍された非標準画像情報部分ではノイズレベルに対して適切なコアリングレベルの設定ができないという問題がある。

【0105】そこで、鮮鋭度を強調するに当たり合成された画像がどの画像から作成されたかを調べる必要がある。ところが、上記色処理では複数の画像情報から RGB 情報を作成するため、強調される情報は標準画像情報と非標準画像情報が混合されたものとなる。

【0106】つまり、図 28 に示されるように、注目画像 30 が B 成分の信号を検出する場合には、不足する R 成分及び G 成分を周囲の画像より補間する。そして、この場合例えば、注目画像 30 の G 成分は、該注目画像 30 に隣接した G 成分の信号を検出する四つの画像で得られた情報の平均を求めることにより補間する。

【0107】ここで、周囲の画像で検出された G 成分が、標準画像の一部を構成するものか非標準画像の一部を構成するものかに応じ、あるいは両画像の混合比に応じて、コアリングレベルを適切に設定する必要がある。

【0108】そして仮に、該補間のために使用する注目画像 30 の周囲に配置された画像がすべて標準画像の場合はそれぞれのノイズレベルは $n + n(Sa)$ となり、すべて正規化された非標準画像の場合はそれぞれのノイズレベルは $K \times n + K \times n(Sa/K)$ となるため、これらのノイズレベルに対応してコアリングレベルを設定する必要がある。

【0109】しかしながら、該混合比をそれぞれの画像毎に記録しておくためには、RGB 成分ごとの計 3 つのブレーンについて該混合比をそれぞれ記録しておく必要があるため、実施は容易ではない。そこで、本実施の形態 2 に係る画像処理装置では、該混合比を予測してコアリングレベルを設定する。以下において、該コアリングレベルの設定方法を説明する。

【0110】図 29 に示されるように、グラフ G1 により示される標準画像情報と、グラフ G3 により示される正規化された非標準画像情報とを間、いずれの情報を使用するかを決定するためのレベルをしきい値 Th とする。

【0111】そして、標準画像の情報がしきい値 Th より小さいときは、合成画像情報として標準画像の情報を採用し、標準画像の情報がしきい値 Th より大きいとき

18

は合成画像情報として正規化された非標準画像の情報を採用する。このとき、図 28 に示された注目画像 30 において得られる B 成分は単一の情報から作成され、例えば B 成分がしきい値 Th より小さい場合には、B 成分は標準画像の情報とされる。

【0112】また、注目画像 30 の周囲の画像から補間される G 成分または R 成分については、該 G 成分がしきい値 Th に比べかなり小さい値をとる場合には、標準画像のみで補間された情報である可能性が高く、逆に該 G 成分がしきい値 Th に比べかなり大きな値をとる場合には、非標準画像の情報のみで補間された情報である可能性が高い。

【0113】また、アバーチャ補正におけるコアリング処理は、画像中において撮像信号の変化の少ない平坦部分ではノイズを目立たせないことを目的としており、周囲画像との差が小さいときにコアリングの値が問題となる。

【0114】つまり、この場合は注目画像 30 の周囲における画像値（撮像信号の大きさ）は近似した値であるため、仮にノイズを含まない信号レベルがしきい値 Th である場合には、周囲の画像に対応する情報がすべて標準画像情報のときには、該周囲の画像に対応する情報に $n + n(Th)$ により求められるノイズが含まれる。

【0115】一方、 $n + n(Sa)$ の平均値が算出されると共に、 $n + n(Sa)$ の最大値を Nn とした場合、該周囲の画像に対応する情報がすべて標準画像情報であるときの最小値は $(Th - Nn)$ となる。

【0116】また、該周囲の画像に対応する情報がすべて正規化された非標準画像情報のときは、 $K \times n + K \times n(Th/K)$ により求められるノイズが含まれ、 $K \times n + K \times n(Th/K)$ の平均値が求められる。そして、 $K \times n + K \times n(Th/K)$ により求められるノイズ量の最大値を Nk とした場合、周囲画像に対応する情報がすべて正規化された非標準画像情報であるときの最大値は $(Th + Nk)$ となる。

【0117】ここで、図 27 に示されるように、標準画像に対して設定されるコアリングレベルを Cn 、正規化された非標準画像に対して設定されるコアリングレベルを Ck とした場合、作成された撮像信号のレベルを基に混合比を予測してコアリングレベルを決定する。

【0118】すなわち、作成された撮像信号の値が $(Th - Nn)$ より小さい領域 A1 に含まれるときは標準画像に対して設定されたコアリングレベル Cn の下で鮮鋭度を強調し、 $(Th + Nk)$ より大きい領域 A3 に含まれるときは正規化された非標準画像に対して設定されたコアリングレベル Ck の下で鮮鋭度を強調すれば良い。そして、作成された撮像信号の値が $(Th - Nn)$ と $(Th + Nk)$ の間における領域 A2 に含まれる場合には、コアリングレベル Cn とコアリングレベル Ck を所定比で内分することにより求められる混合コアリングレ

50

ベルの下で鮮鋭度が強調される。なお、 Nn 及び Nk の値はそれぞれ、 $n0+n(T_h)$ 及び $K \times n0 + K \times n(T_h/K)$ が取り得る最大値から決定すれば良い。

【0119】そして、上記のような色処理において混合比を予測する方法を採用することにより、合成画像がいずれの画像により作成されたかを記録しておく必要がなくなる。

【0120】なお、このような方法においても、図22に示されるように、実際の出力信号レベルに応じてコアリングレベルを変化させるようにしても良い。そして、この場合にはまず、撮像信号のレベルに応じて図30に示されるようにコアリングレベルを決定すれば良い。

すなわち、撮像信号が該標準画像のみからなり該撮像信号のレベルが領域A1に含まれる場合には、撮像信号の関数として求められる標準コアリングレベルを設定し、撮像信号が色処理により混合され領域A2に含まれる場合は同じく撮像信号の関数として求められる混合コアリングレベルを設定し、正規化された非標準画像から作成された可能性が高く領域A3に含まれる場合には撮像信号の関数として求められる非標準コアリングレベルを設定するよう切り替われば良い。

【0121】また、以上の説明においては、画像の合成に先立って鮮鋭度を強調する実施の形態1に係る場合と、画像の合成後に鮮鋭度を強調する実施の形態2に係る場合の両者において、標準画像と非標準画像のいずれかを一定のしきい値 Th を基準として選択することにより単純に合成する方法を述べたが、合成画像において標準画像と非標準画像の切り替わり部分(つなぎ部分)が目立たないよう、従来のように少しずつ混合比を変化させる方法を併用しても良い。

【0122】すなわち、図31に示されるように、例えば標準画像を形成する撮像信号の値がしきい値 $Th0$ 以下である場合は標準画像のみで、しきい値 $Th0$ からしきい値 $Th1$ までの値に対しては撮像信号の値の一次関数として一義的に決定される混合比により合成し、しきい値 $Th1$ 以上である場合には非標準画像のみを用いて合成画像を生成する方法を採用しても良い。

【0123】この場合、画像合成後に鮮鋭度を強調する本実施の形態2に係る画像処理装置では、上記のように混合比を変更しながら合成した後、得られた合成画像情報の値により混合比と色処理による混合比を同時に予測し、コアリングレベルを決定すれば良い。

【0124】つまり、図32に示されるように撮像信号の値がしきい値 $(Th0-Nn)$ 以下の場合は標準画像に対して設定されるコアリングレベルの下で、撮像信号の値がしきい値 $(Th1+Nk)$ 以上である場合は正規化された非標準画像に対して設定されるコアリングレベルの下でそれぞれ鮮鋭度を強調し、しきい値 $(Th0-Nn)$ としきい値 $(Th1+Nk)$ の間の大きさとなる場合は該混合比と該混合比に基づいてコアリングレベルを設

定すれば良い。

【0125】次に、本実施の形態2に係る画像処理装置の動作を、図33に示されたフローチャートを参照しつつ説明する。図33に示されるように、まずステップS1では、撮像素子を含む撮像部5が異なる露光量の下で複数回撮像することにより複数の撮像情報を得る。そして、該撮像情報を画像処理用のRAM16に保存する。

【0126】次にステップS2では、露光比検出部7は、RAM16に保存された複数の画像間における露光比を、上記のように画像の非飽和部分における撮像信号の平均値の比によって算出する。

【0127】そして、ステップS3では、上記のように合成部9が標準画像における非飽和部分に対して標準画像を画素単位で選択し、飽和部分に対しては露光比検出部7により検出された露光比 K を非標準画像に乗算することによって正規化された非標準画像を選択することによって、合成画像を作成する。

【0128】ステップS4では、ステップS3において得られた合成画像の鮮鋭度を強調するため、鮮鋭度強調部8に含まれた色処理部81が色補間処理を実行し、図18に示された情報に色処理を施すことによって、図19に示されたRGB成分毎のブレン画像を作成する。

【0129】次に、ステップS5では、鮮鋭度強調部8に含まれたアバーチャ処理部82は、上記のように画像情報に基づいて混合比を予測してコアリングレベルを決定した上で鮮鋭度を強調し、動作を終了する。

【0130】以上より、本発明の実施の形態2に係る画像処理装置によっても、ノイズの目立たない広ダイナミックレンジ画像を生成することができる。

30 【発明の効果】上述のごとく、本発明に係る画像処理装置によれば、複数の撮像信号における露光比によらず、適切な合成画像を得ることができるため、ダイナミックレンジが広く鮮明な画像を得ることができる。

【0131】また、鮮鋭度強調手段は、撮像信号の大きさに応じたノイズレベルに基づいて、撮像信号の鮮鋭度を強調するものとすれば、不必要なノイズの増幅を回避することができるため、ノイズの少ない画像を得ることができる。

40 【0132】また、本発明に係る画像処理装置によれば、合成画像における混合比により鮮鋭度を強調するため、容易かつ適切に合成画像の鮮鋭度を強調することができるため、ダイナミックレンジが広く鮮明な画像を容易に得ることができる。

【0133】また、鮮鋭度強調手段は、合成画像及び露光比に応じたノイズレベルに基づいて合成画像の鮮鋭度を強調するものとすれば、ノイズを増幅させることなく合成画像の鮮鋭度を強調することができるため、より質の高い画像を得ることができる。

50 【0134】また、複数の撮像信号を画素毎に平均して平均撮像信号を生成する平均化手段をさらに備え、画像

合成手段は、複数の平均撮像信号を合成することとすれば、ランダムに発生するノイズを抑制することができるため、得られる画像の質をさらに高めることができる。

〔0135〕また、所定の露光量下において撮像手段が被写体を撮像する回数を、露光比に応じて決定する撮像回数決定手段をさらに備えることとすれば、ランダムに発生するノイズの影響を抑制した画像を効率的に得ることができるため、ダイナミックレンジが広くノイズの少ない画像を低コストで作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示された画像処理装置の構成を示す図である。

【図3】図1に示された撮像部の第一の構成例を示す図である。

【図4】図1に示された撮像部の第二の構成例を示す図である。

【図5】図4に示された撮像部の動作を示すタイミングチャートである。

【図6】図1に示された撮像部の動作特性を示すグラフである。

【図7】図1に示された撮像部の動作を説明する図である。

【図8】図1に示された画像処理装置において生じるノイズを分類した図である。

【図9】図1に示された撮像部で生成される信号におけるS/N比の特性を示すグラフである。

【図10】図1に示された撮像部において生成される撮像信号の被写体輝度に対する関数を示すグラフである。

【図11】図1に示された画像処理装置の動作を説明する第一のグラフである。

【図12】図1に示された画像処理装置の動作を説明する第二のグラフである。

【図13】図1に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第一のグラフである。

【図14】図1に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第二のグラフである。

【図15】図1に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第三のグラフである。

【図16】図1に示された鮮鋭度強調部によるコアリングレベルの設定を説明する図である。

【図17】図1に示された鮮鋭度強調部の構成を示すブロック図である。

【図18】図17に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第一の図である。

【図19】図17に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第二の図である。

【図20】実施の形態1に係る撮像素子に備えられたカラーフィルタを示す図である。

【図21】図20に示されたカラーフィルタを用いたときに得られる感度の波長による変化を示すグラフである。

【図22】図1に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第四のグラフである。

【図23】本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図24】本発明の実施の形態2に係る画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図25】図24に示された鮮鋭度強調部の構成を示す図である。

【図26】図25に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する図である。

【図27】図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第一のグラフである。

【図28】図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する図である。

【図29】図24に示された合成部の動作を説明する第一のグラフである。

【図30】図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第二のグラフである。

【図31】図24に示された合成部の動作を説明する第二のグラフである。

【図32】図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第三のグラフである。

【図33】本発明の実施の形態2に係る画像処理装置の動作を示すフローチャートである。

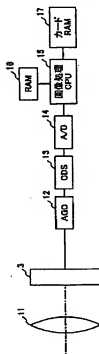
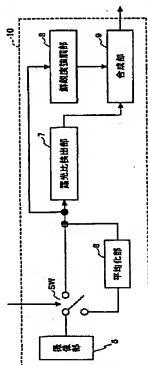
【符号の説明】

- 1, 11 レンズ (撮影光学系)
- 2 デバイダ (被写体像分割器)
- 3, 4 撮像素子
- 5 撮像部
- 6 平均化部
- 7 露光比検出部
- 8 鮮鋭度強調部
- 9 合成部
- 10, 20 画像処理装置
- 12 増幅器 (AGC)
- 13 サンプルホールド回路 (CDS)
- 14 A/D変換器
- 15 画像処理CPU
- 16 ランダムアクセスメモリ (RAM)
- 17 カードFRAM
- 81 色処理部
- 82 アパーチャ処理部
- SW スイッチング部

【図 1】

【図 2】

本発明の実施の形態 11 に係る画像処理装置の構成を示すブロック図 図 1 に示された画像処理装置の構成を示す図



【図 3】

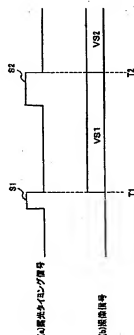
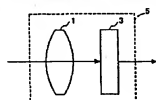
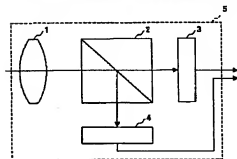
【図 4】

【図 5】

図 1 に示された撮像部の第一の構成例を示す図

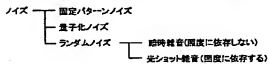
図 1 に示された撮像部の第二の構成例を示す図

図 4 に示された撮像部の動作を示すタイミングチャート



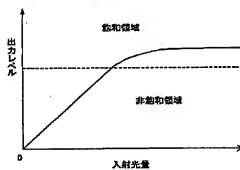
【図 8】

図 1 に示された画像処理装置において生じるノイズを分類した図



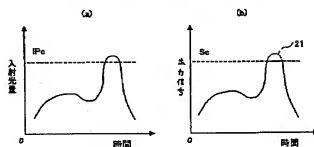
【図 6】

図1に示された撮像部の動作特性を示すグラフ



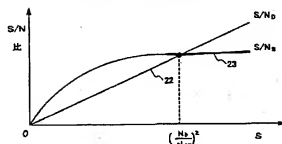
【図 7】

図1に示された撮像部の動作を説明する図



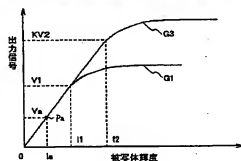
【図 9】

図1に示された撮像部で生成される信号におけるS/N比の特性を示すグラフ



【図 11】

図1に示された画素処理装置の動作を説明する第一のグラフ



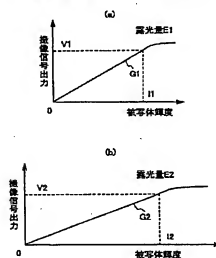
【図 18】

図17に示された動画像強調部の動作を説明する第一の図

R	G	R	G
G	B	G	B
R	G	R	G
G	B	G	B

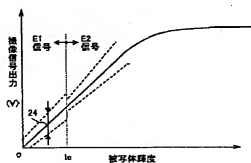
【図 10】

図1に示された撮像部において生成される画像信号の被写体輝度に対する関数を示すグラフ



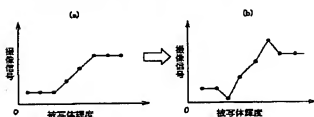
【図 12】

図1に示された画素処理装置の動作を説明する第二のグラフ



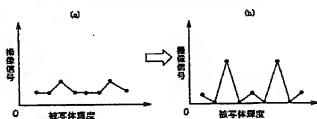
【図13】

図11に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第一のグラフ



【図15】

図11に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第三のグラフ



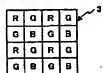
【図17】

図11に示された鮮鋭度強調部の構成を示すブロック図



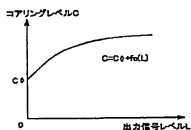
【図20】

実施の形態1に係る撮像素子に備えられたカラーフィルタを示す図



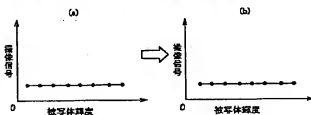
【図22】

図11に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第四のグラフ



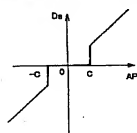
【図14】

図11に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第二のグラフ



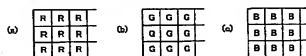
【図16】

図11に示された鮮鋭度強調部によるコアリングレベルの設定を説明する図



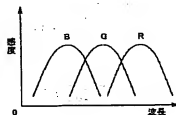
【図19】

図17に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第二の図



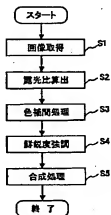
【図21】

図20に示されたカラーフィルタを用いたときに得られる感度の波長による変化を示すグラフ



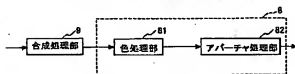
【図 23】

本発明の実施の形態1に係る画像処理装置の動作を示すフローチャート



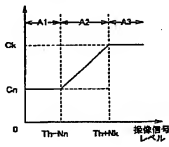
【図 25】

図24fに示された鮮鋭度強調部の構成を示す図



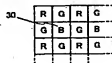
【図 27】

図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第一のグラフ



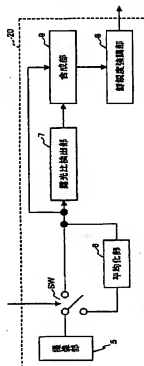
【図 28】

図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する図



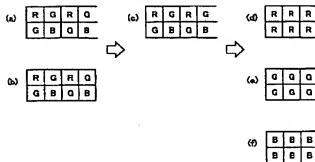
【図 24】

本発明の実施の形態2に係る画像処理装置の構成を示すブロック図



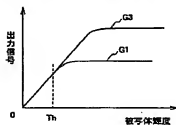
【図 26】

図25に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する図



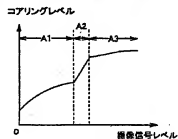
【図29】

図24に示された合成部の動作を説明する第一のグラフ



【図30】

図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第二のグラフ



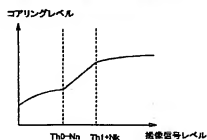
【図31】

図24に示された合成部の動作を説明する第二のグラフ



【図32】

図24に示された鮮鋭度強調部の動作を説明する第三のグラフ



【図33】

本発明の実施の形態2に係る画像処理装置の動作を示すフローチャート

